

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

Sveučilišni studij

Grijanje potrošne tople vode solarnom energijom

Završni rad

Borna Srb

Osijek, 2019.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju****Osijek, 16.09.2019.****Odboru za završne i diplomske ispite****Prijedlog ocjene završnog rada**

Ime i prezime studenta:	Borna Srb
Studij, smjer:	Prediplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. studenta, godina upisa:	3959, 28.09.2018.
OIB studenta:	07479480648
Mentor:	Izv. prof. dr.sc. Zvonimir Klaić
Sumentor:	Zorislav Kraus
Sumentor iz tvrtke:	
Naslov završnog rada:	Grijanje potrošne tople vode solarnom energijom
Znanstvena grana rada:	Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)
Predložena ocjena završnog rada:	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	16.09.2019.
Datum potvrde ocjene Odbora:	25.09.2019.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 26.09.2019.

Ime i prezime studenta:

Borna Srb

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Mat. br. studenta, godina upisa:

3959, 28.09.2018.

Ephorus podudaranje [%]:

18

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Grijanje potrošne tople vode solarnom energijom**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr.sc. Zvonimir Klaić

i sumentora Zorislav Kraus

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH
TEHNOLOGIJA OSIJEK**

IZJAVA

Ja, Borna Srb, OIB: 07479480648, student/ica na studiju: Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija, dajem suglasnost Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek da pohrani i javno objavi moj **završni rad**:

Grijanje potrošne tople vode solarnom energijom

u javno dostupnom fakultetskom, sveučilišnom i nacionalnom repozitoriju.

Osijek, 26.09.2019.

potpis

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Zadatak završnog rada	1
2. GRIJANJE POTROŠNE TOPLE VODE SOLARNOM ENERGIJOM.....	2
2.1. Sunce	2
2.2. Energija Sunca.....	2
2.3. Grijanje potrošne tople vode	4
2.4. Solarni kolektorski sustav za pripremu potrošne tople vode.....	6
2.5. Fotonaponski sustavi	8
3. IZRAČUN UŠTEDE	10
3.1. Izračun potreba potrošne tople vode jedne obitelji.....	10
3.2. Izračun godišnjeg troška na energiju za grijanje potrošne tople vode jedne obitelji.....	11
3.3. Izračun godišnje potrošnje uz fotonaponski sustav	11
3.4. Izračun godišnje potrošnje uz solarni kolektorski sustav	13
3.5. Izračun povratka ulaganja za fotonaponski sustav	14
3.6. Izračun povratka ulaganja za solarni kolektorski sustav	17
4. ZAKLJUČAK.....	19
LITERATURA	20
SAŽETAK.....	21
ABSTRACT	21
ŽIVOTOPIS.....	22

1. UVOD

U vrijeme kada se sve više okreće obnovljivim izvorima energije te uštedi i učinkovitosti energije solarni sustavi su jedni od predvodnika revolucije u „proizvodnji“ energije. Energija koju posjeduje sunce je nezamislivog iznosa i zasigurno ima vrlo dobru perspektivu kao rješenje problema opskrbe energije. Uz razvitak tehnologije te smanjenje cijena solarnih i fotonaponskih modula, samostalna opskrba energijom postaje opcija za sve građane. Najveća isplativost naravno stoji u smanjivanju glavnih energetske troškova kućanstva: grijanja prostora te grijanja potrošne tople vode. Dok se na grijanju prostora štedi boljom toplinskom izolacijom, kod grijanja potrošne tople vode može se uštedjeti instaliranjem solarnih ili fotonaponskih sustava. Oni omogućuju da prosječno kućanstvo tijekom većega dijela godine zadovolji potrebe električne energije za grijanje potrošne tople vode.

1.1. Zadatak završnog rada

U okviru završnog rada prikazati mogućnosti grijanja potrošne tople vode solarnom energijom. Usporediti tehnologije i isplativost različitih sustava za grijanje potrošne tople vode solarnom energijom.

2. GRIJANJE POTROŠNE TOPLE VODE SOLARNOM ENERGIJOM

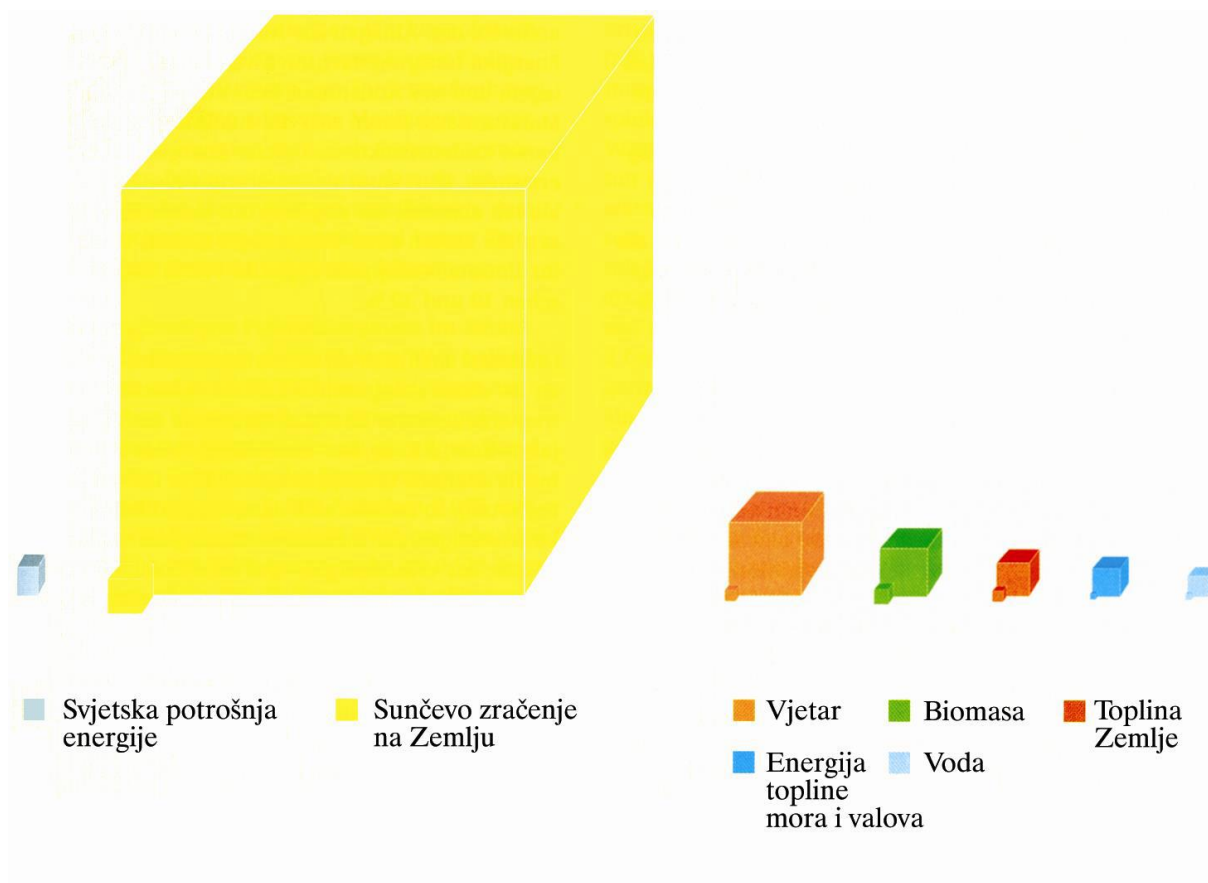
2.1. Sunce

Sunce je središnja zvijezda našeg planetnog sustava i jedna je od mnogobrojnih zvijezda u dosad istraženom svemiru. Sunce je glavni izvor elektromagnetskog zračenja koje prolazi atmosferom Zemlje te je neiscrpan obnovljiv izvor energije. Sunce je nastalo od nakupine međuzvezdanog plina koji se nakupio zbog gravitacijskog povlačenja. Zbog zagrijavanja plin je počeo zračiti, nastali su uvjeti za termonuklearnu fuziju vodika u helij. Starost sunca procjenjuje se na 5 milijardi godina, a pretpostavlja se da mu je još toliko ostalo dok ne potroši sav vodik za fuziju.

2.2. Energija Sunca

Sunčeva energija u užem smislu podrazumijeva količinu energije prenesenu Sunčevim zračenjem. Njezina jedinica je J, ali najčešće se koristi kWh. Zbog pravilnih promjena moguće je izračunati Sunčevo zračenje u bilo koje doba dana i na bilo kojem mjestu. Solarna konstanta E_0 je jakost ekstraterestričkog zračenja koje dopijeva na gornju granicu atmosfere na srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca i iznosi 1362 W/m^2 . Snaga Sunčevog zračenja na gornjoj granici Zemljine atmosfere iznosi $1,75 \times 10^{14} \text{ kW}$, a to je $1,53 \times 10^{18} \text{ kWh}$ energije godišnje za cijelu Zemlju. Na slici 2.1. prikazano je godišnje Sunčevo zračenje na površini Zemlje u usporedbi s godišnjom potrošnjom energije u svijetu te zalihama fosilnih (ugljen, nafta, plin) i nuklearnih (uran) goriva.

[1]

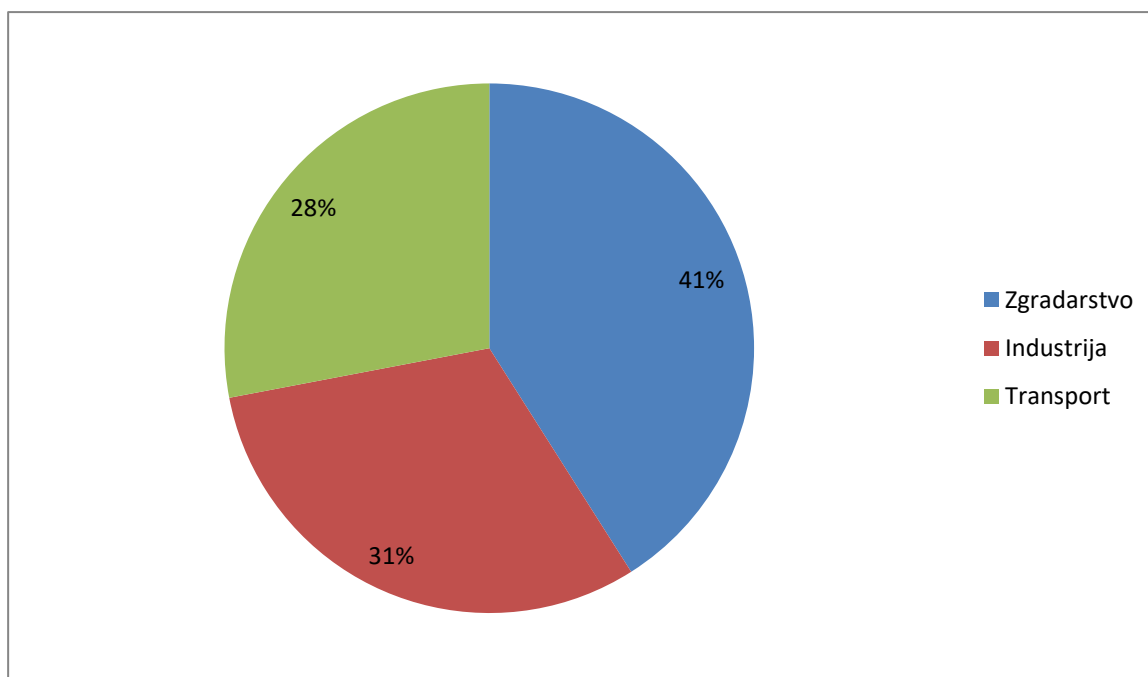


Slika 2.1. Usporedba energije Sunčeva zračenja i svjetske potrošnje energije na Zemlji. [1]

Uz postojeću tehnologiju tj. tehničke uređaje i opremu tehnički potencijal energije Sunčeva zračenja koji pada na neku građevinu nekoliko puta je veći od energetske potrebe te zgrade. Dakle, postoje uvjeti za smanjenje korištenja i ovisnosti o drugim energentima kao i potpuno odvajanje zgrada od mreže. Time bi se postiglo znatno smanjenje utjecaja na okoliš iz energetskog sektora te sigurnost opskrbe zgrade energijom.

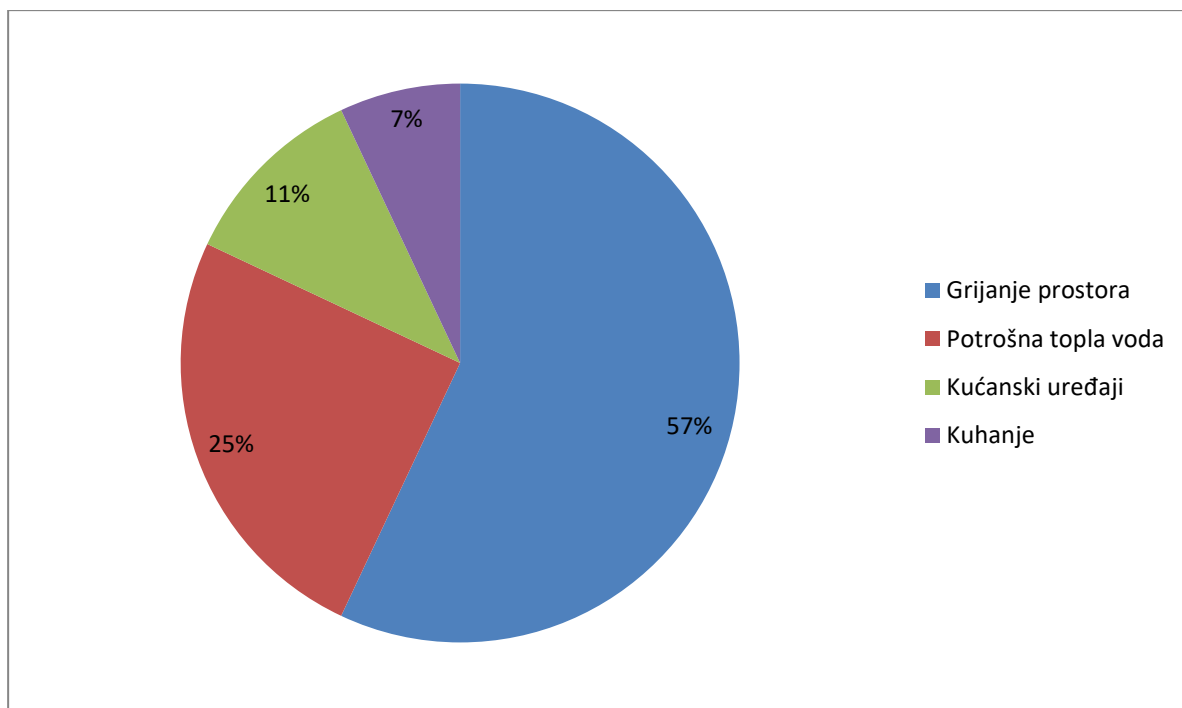
2.3. Grijanje potrošne tople vode

Prosječni građanin potroši dnevno od 200 do 300 litara pitke vode, od čega je u prosjeku od 40 do 80 litara potrošna topla voda na temperaturi između 40 °C i 60 °C koja se uglavnom koristi za održavanje osobne higijene i pranje posuđa. Na globalnoj razini su već duže vrijeme prisutni problemi povećane potrošnje električne energije, rasta cijena energije i problema zagađenja okoliša vezanog s proizvodnjom i potrošnjom električne energije. Zgrade su tijekom svog životnog vijeka odgovorne za 40 % potrošnje energije u svijetu, 17 % pitke vode i 40 % emisije stakleničkih plinova.[2]



Slika 2.2. Potrošnja energije na globalnoj razini. [2]

Na pripremu potrošne tople vode u prosječnom kućanstvu u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske otpada otprilike 25 % ukupne godišnje potrošnje energije, dok se ostatak troši na grijanje prostora (57 %), kućanske uređaje (hladnjaci, perilice, televizori, rasvjeta,...11 %) i kuhanje (7 %). U primorskim dijelovima udio energije za pripremu potrošne tople vode još je i veći. U sezoni bez grijanja, priprema potrošne tople vode predstavlja pojedinačno najveći izdatak za energiju jednog kućanstva, bez obzira koji se energent koristi. Učinkovita priprema i korištenje potrošne tople vode može stoga znatno utjecati na smanjenje ukupnih troškova za energiju u kućanstvu. [3]



Slika 2.3. Godišnja potrošnja električne energije u kućanstvu. [2]

2.4. Solarni kolektorski sustav za pripremu potrošne tople vode

Solarni sustavi za pripremu potrošne tople vode i grijanje prostora su najjednostavniji i povećano se upotrebljavaju, osobito u područjima dobre insolacije, tj. dozračene Sunčeve energije. Na primjer, topla je voda potrebna tijekom čitave godine, pa se tako solarni sustav stalno koristi i brže otplati. Solarni sustav sastoji se od solarnog kolektora, spremnika tople vode, crpke, regulacije te kotla. Na slici 2.4. može se vidjeti primjer jednog takvoga sustava.[4]



Slika 2.4. Solarni kolektorski sustav za pripremu potrošne tople vode. [5]

Toplinska energija prikupljena pomoću kolektora odvodi se u spremnik tople vode. Crpka će raditi samo ako je temperatura medija u kolektoru viša od temperature u spremniku kako bi se izbjeglo hlađenje vode u spremniku. Kod proračuna i dimenzioniranja solarnog sustava za pripremu potrošne tople vode treba imati sljedeće podatke [6], a to su:

1. Klimatski podaci na lokaciji postavljanja solarnog sustava:

- zemljopisna širina
- satne vrijednosti Sunčeve ozračenosti za određene dane
- satne temperature zraka okoline

2. Podaci o solarnom kolektoru:

- optički stupanj djelovanja
- efektivni koeficijent prolaza topline
- kut nagiba kolektora
- površina kolektora
- ulazna temperatura u kolektor

3. Podaci za određivanje potrebne topline

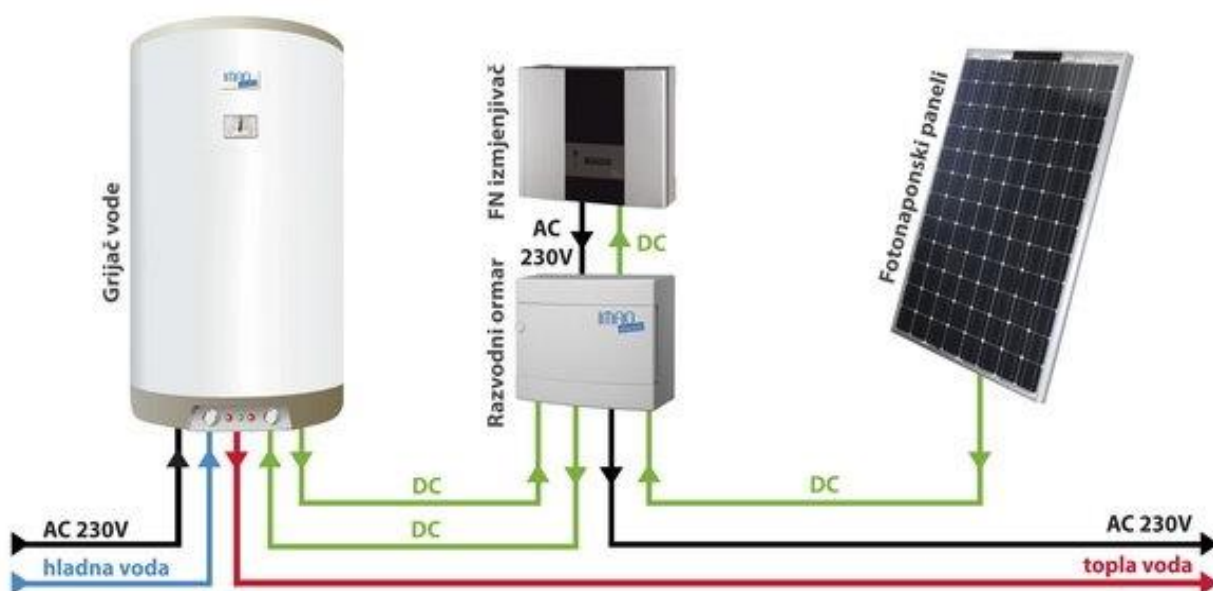
- broj potrošača (osoba)
- potrošnja tople vode po osobi i danu
- temperatura hladne vode
- temperatura tople vode

Rezultat dimenzioniranja solarnog sustava za pripremu potrošne tople vode je zapremnina spremnika te površina kolektora.

Velika ušteda električne energije, a time i rasterećenje elektroenergetske mreže, postoji u pretvorbi energije Sunčeva zračenja u toplinsku energiju i ugradnji solarnih toplinskih kolektora za pripremu potrošne tople vode i/ili grijanja kojima se može djelovati na potražnju za električnom energijom. U priobalnom području i na otocima, zbog povećane potrošnje električne energije, a poglavito snažnog rasta ugradnje sustava klimatizacije, vršno opterećenje elektroenergetskog sustava raste i pomiče se prema ljetu. Kako se za pripremu potrošne tople vode u priobalju i na otocima gotovo uvijek koriste električni bojleri, njihovom zamjenom solarnim toplinskim sustavima mogu se ostvariti znatne uštede električne energije i smanjiti vršno opterećenje distribucijske mreže. Stupanj korisnog djelovanja takvog sustava trenutno dostupnog na tržištu doseže 80 %. [7,8]

2.5. Fotonaponski sustavi

Fotonaponski sustav za grijanje potrošne tople vode za razliku od solarnog sustava kao rezultat pretvorbe energije nema izravno grijanje vode nego se svjetlosna energija prvo pretvara u električnu energiju te potom električna energija pokreće grijač koji zagrijava vodu. Fotonaponski sustav nešto je jednostavniji od solarnog, naime sastoji se od samo 4 elementa. Potrebni su samo: fotonaponske ploče, razvodni ormar, izmjenjivač te grijač vode. Istosmjerna struja s fotonaponskih modula šalje se u razvodni ormar koji tada može preusmjeriti je na izmjenjivač te poslati u mrežu kako bi se napajali neki drugi elementi osim grijača vode ili direktno prosljeđuje istosmjernu struju na grijač vode. U slučaju manjka sunčeve energije grijač vode će se direktno napajati iz mreže, (Slika 2.5.).



Slika 2.5. Fotonaponski sustav za pripremu potrošne tople vode. [9]

Možemo primijetiti kako nije potreban dodatni spremnik vode i pumpa. Ovakav sustav također ima i mogućnost prodaje viška energije, no ukoliko je potreban fotonaponski sustav koji će isključivo napajati grijač vode, dovoljan je sustav u kojem nije potreban AC/DC izmjenjivač. Sustav bi tada bio vrlo jednostavan, a prikazan je na slici 2.6. Stupanj korisnog djelovanja ovakvog sustava trenutno dostupnog na tržištu iznosi 20 %.



Slika 2.6 Fotonaponski sustav bez AC/DC izmjenjivača. [10]

3. IZRAČUN UŠTEDE

3.1. Izračun potreba potrošne tople vode jedne obitelji

Potrebe potrošne tople vode za jednu osobu tijekom jednoga dana u prosjeku iznosi 60 litara grijanih na 50 °C. Potrebnu energiju za grijanje vode s početnih 10 °C na konačnih 50 °C moguće je izračunati sljedećom formulom:

$$Q_D = \rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta T \quad (3-1)$$

Gdje je Q_D potrebna energija u kJ, ρ je gustoća vode koja iznosi približno 1000 kg/m³. V je volumen vode koji iznosi 60 litara tj 0.06 m³. C je toplinski kapacitet koji iznosi približno 4.182 kJ/K. ΔT predstavlja razliku u početnoj i krajnjoj temperaturi vode. Dakle, dobije se:

$$Q_D = 1000 \cdot 0.06 \cdot 4.182 \cdot (50 - 10) = 10036.8 \text{ kJ} \quad (3-2)$$

Ukoliko se to preračuna u kWh:

$$Q_D = \frac{10036.8}{3600} = 2.788 \text{ kWh} \quad (3-3)$$

Na mjesečnoj razini to iznosi:

$$Q_M = 2.788 \cdot 30 = 83.64 \text{ kWh} \quad (3-4)$$

Dok na godišnjoj razini iznosi:

$$Q_G = 2.788 \cdot 365 = 1017.62 \text{ kWh} \quad (3-5)$$

Na kraju se taj iznos pomnoži s 4 kao brojem osoba u jednoj prosječnoj obitelji:

$$Q_M = 4 \cdot 83.64 = 334.56 \text{ kWh} \quad (3-6)$$

$$Q_G = 4 \cdot 1017.62 = 4070.8 \text{ kWh} \quad (3-7)$$

3.2. Izračun godišnjeg troška na energiju za grijanje potrošne tople vode jedne obitelji

Godišnji trošak u kunama izračunat će se u 3 pretpostavljena scenarija. Prvi scenarij ujedno i najlošiji bi bio kada bi obitelj vodu grijala samo tijekom dana tj. višom tarifom u dvotarifnom obračunu. Ostvarena cijena prema višoj tarifi prema bijelom tarifnom modelu iznosi 1,25 kn/kWh:

$$G_{TSS} = 4070.8 \cdot 1.25 = 5088.5 \text{ kn} \quad (3-8)$$

Drugi scenarij je i najbliži stvarnoj potrošnji prosječne obitelji u Hrvatskoj. On podrazumijeva ostvarenu cijenu od 1,15 kn/kWh prema jednotarifnom izračunu tarifnog modela plavi.

$$G_{TPS} = 4070.8 \cdot 1.15 = 4681.42 \text{ kn} \quad (3-9)$$

Posljednji scenarij predstavlja metodu uštede energije grijanjem samo na nižoj tarifi dvotarifnog modela bijeli, ostvarena cijena u ovom slučaju je 0.69 kn/kWh

$$G_{TJS} = 4070.8 \cdot 0.69 = 2808.85 \text{ kn} \quad (3-10)$$

Iz ovoga se može zaključiti kako se čak 30 % troška na struju može uštedjeti grijanjem potrošne tople vode samo pri nižoj tarifi.

3.3. Izračun godišnje potrošnje energije uz fotonaponski sustav

Kako bi se izračunala potrošnja uz fotonaponski sustav potreban je iznos insolacije na području instalacije fotonapona te učinkovitost fotonaponskog sustava. Efikasnost kvalitetnijih fotonaponskih modula trenutno dostupnih na tržištu iznosi 20 % pri idealnim uvjetima. Podatci o prosječnoj mjesečnoj insolaciji na području Osijeka dostupni su na stranicama europske komisije ([10]) prosječna insolacija za razdoblje 2007. – 2016. iskazana je u sljedećoj tablici:

Tablica 3.1. Prosječan iznos insolacije za Osijek. [11]

Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj
52,22 kWh/m ²	70,01 kWh/m ²	129,9 kWh/m ²	167,9 kWh/m ²	179,8 kWh/m ²	185,7 kWh/m ²
Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
202,2 kWh/m ²	197,8 kWh/m ²	146,1 kWh/m ²	111,57 kWh/m ²	71,41 kWh/m ²	45,6 kWh/m ²

U prvom izračunu koristi se insolacija u srpnju kako bi se potpuno iskoristila dostupna insolacija za svaki mjesec. Prvo se izračuna koliko 1 m² fotonaponskog panela snage 400 W donosi u srpnju:

$$P_1 = 202,2 \cdot \frac{20}{100} = 40,44 \text{ kWh/m}^2 \quad (3- 11)$$

Znajući da je mjesečna potreba za četveročlanu obitelj 334,56 kWh računa se potrebna površina kako bi se zadovoljila ta potreba u srpnju.

$$A = \frac{334,56}{40,44} = 8,27 \text{ m}^2 \quad (3- 12)$$

Nakon toga izračunase proizvodnja za srpanj s površinom od 8,27 m². Prvo se pomnoži površina s mjesečnom insolacijom zatim se pomnožisa stupnjem iskorištavanja:

$$P_{srpanj} = 8,27 \cdot 202,2 \cdot 0,2 = 334,44 \text{ kWh} \quad (3- 13)$$

Nakon toga izračuna se koliko mjesečne potrebe pokriva takav sustav tako da se podijeli dobiveni iznos s mjesečnom potrebom:

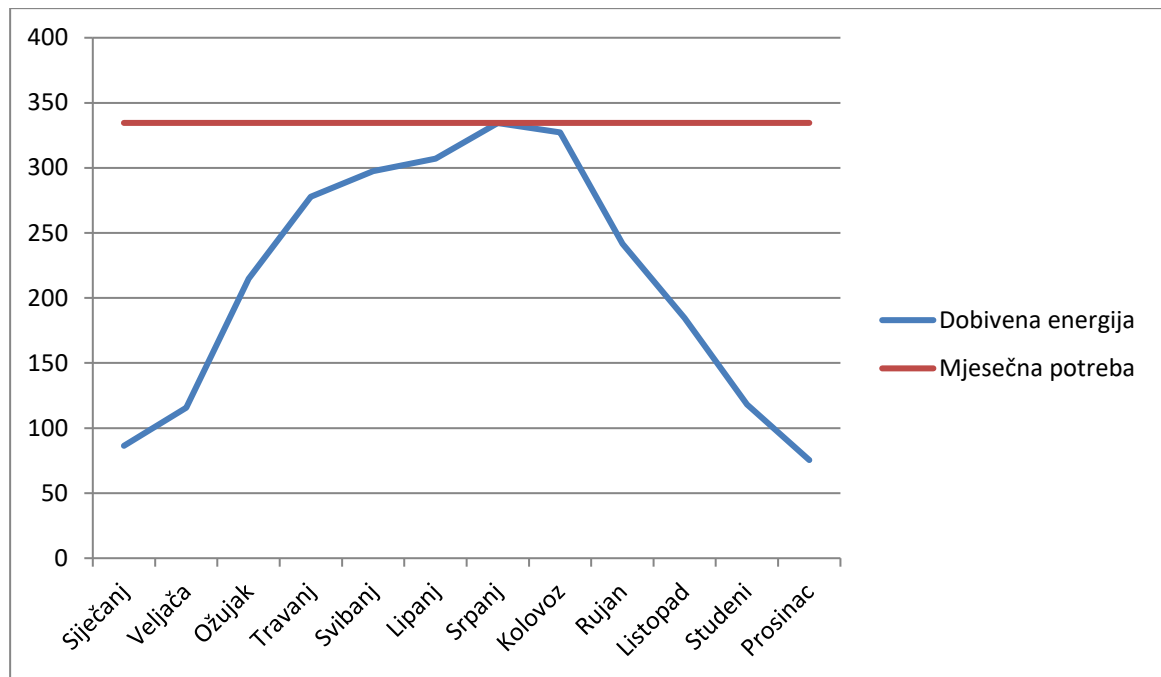
$$F_{srpanj} = \frac{334,44}{334,56} = 99,96\% \quad (3- 14)$$

Isti postupak ponavlja se za svaki mjesec te su rezultati prikazani u tablici 3.2.

Tablica 3.2. Iznos dobivene energije s 8,27 m² fotonaponskih modula.

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj
P	86,37 kWh	115,8 kWh	214,85 kWh	277,71 kWh	297,39 kWh	307,15 kWh
F	25,81%	34,61%	64,22%	83,01%	88,89%	91,81%
	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
P	334,44 kWh	327,16 kWh	241,65 kWh	184,54 kWh	118,11 kWh	75,42 kWh
F	99,96%	97,79%	72,22%	55,16%	35,03%	22,54%

Na godišnjoj razini dobije se 2580 kWh što iznosi 64 % godišnje potrebe. Rezultati su prikazani i grafički:



Slika 3.3. Prikaz dobivene energije s 8 m² fotonaponskih modula.

3.4. Izračun godišnje potrošnje uz solarni kolektorski sustav

Isti postupak se ponovi za izračun godišnje potrošnje ovoga puta za solarni kolektorski sustav. Efikasnost ovakvih sustava trenutno dostupnih na tržištu dostiže 80 % pri idealni uvjetima. Iznos insolacije je jednak kao i kod fotonaponskog sustava:

Tablica 3.4. Prosječan iznos insolacije za Osijek. [10]

Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj
52,22 kWh/m ²	70,01 kWh/m ²	129,9 kWh/m ²	167,9 kWh/m ²	179,8 kWh/m ²	185,7 kWh/m ²
Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
202,2 kWh/m ²	197,8 kWh/m ²	146,1 kWh/m ²	111,57 kWh/m ²	71,41 kWh/m ²	45,6 kWh/m ²

Prvo se izračuna koliko 1m² solarnih kolektora donosi u srpnju:

$$P_1 = 202,2 \cdot \frac{80}{100} = 161,76 \text{ kWh/m}^2 \quad (3- 15)$$

Nadalje ponavlja se izračun kao i kod fotonaponskog sustava

$$A = \frac{334,56}{161,76} = 2,07 \text{ m}^2 \quad (3- 16)$$

Kako je učinkovitost solarnog sustava 4 puta veća od učinkovitosti fotonaponskog sustava potrebna je i 4 puta manja površina panela tj. 2 m². Nadalje s tom površinom dobiju se približno jednaki rezultati kao i kod fotonaponskog sustava.

$$P_{srpanj} = 2,07 \cdot 202,2 \cdot 0,8 = 334,84 \text{ kWh} \quad (3-17)$$

$$F_{srpanj} = \frac{334,84}{334,56} = 100\% \quad (3-18)$$

Tablica 3.5. Iznos dobivene energije s 2,07 m² solarnih kolektora.

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj
P	86,48 kWh	115,94 kWh	215,11 kWh	278,04 kWh	297,75 kWh	307,52 kWh
F	25,85%	34,65%	64,30%	83,11%	88,99%	91,92%
	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studenj	Prosinac
P	334,84 kWh	327,56 kWh	241,94 kWh	184,76 kWh	118,26 kWh	75,51 kWh
F	100%	97,9%	72,32%	55,22%	35,35%	22,57%

Potrebno je napomenuti kako kod solarnog sustava tijekom ljetnih mjeseci može doći do pregrijavanja te se u tom slučaju smanjuje njihova učinkovitost.

Kod ovoga slučaja godišnja ušteda iznosi 2583 kWh tj. s ostvarenom jednotarifnom cijenom od 1,15 kn/kWh to iznosi:

$$F_{kn} = 2583 \cdot 1,15 = 2970,45 \text{ kn} \quad (3-19)$$

Godišnja ušteda na električnoj energiji instalacijom ovakvoga sustava iznosila bi 2970,45 kn.

3.5. Izračun povratka ulaganja za fotonaponski sustav

Uzimajući u obzir cijene opreme i instalacije sustava izračuna se optimalan kapacitet sustava. Kod fotonaponskog sustava troškovi su prikazani u tablici 3.6.

Tablica 3.6. Iznos cijena za ugradnju FN sustava.

Cijena modula 1,6 m ²	800 kuna
Cijena ugradnje po modulu	300 kuna
Montažni pribor	120 kuna
Inverter	8000 kuna

Upravljačka jedinica	5000 kuna
Ugradnja upravljačke jedinice	1000 kuna

Cijena invertera za manji sustav iznosi 8000 kuna dok cijena upravljačke jedinice iznosi 5000 kuna zbog toga ukoliko se sustav ne planira spajati na mrežu kao i u ovom slučaju gdje fotonapon se koristi isključivo za grijanje potrošne tople vode dovoljno je imati samo upravljačku jedinicu. Dakle ako se ugradi sustav iz prethodnog izračuna od 8 m² tj. 5 fotonaponskih modula od 1.6 m² sange 400 W izdatci su ovakvi: 4000 kuna za module, 5000 kuna za upravljačku jedinicu, 120 kuna za montažni pribor dok bi za ugradnju bilo potrebno izdvojiti 1500 kuna za ugradnju modula, 1000 kuna za ugradnju upravljačke jedinice. Ukupan iznos bi dakle bio 11620 kuna. Sustav od 8 m² godišnje bi proizveo 2496 kWh električne energije te time u jednotarifnom modelu naplate uštedio 2870 kn godišnje. Dakle povratak ulaganja ovog sustava iznosi:

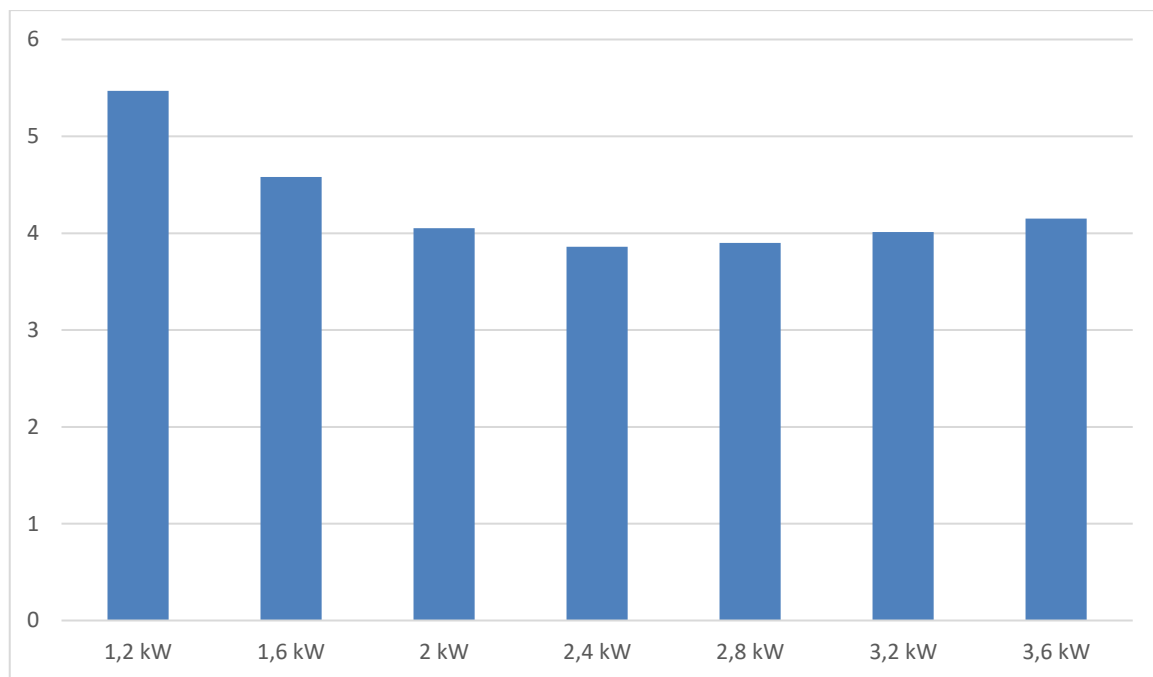
$$Povrat = \frac{cijena\ sustava}{godišnja\ ušteta} \quad (3-20)$$

Uvrštavajući brojeve u ovu jednadžbu dobije se približno 4 godine, dakle sustav će se isplatiti već nakon samo 4 godine. Što bi se dogodilo ako se ovaj sustav poveća? U tablici 3.7. prikazana je godišnja proizvodnja te cijena različitih veličina sustava.

Tablica 3.7. Iznos godišnje proizvodnje i cijene sustava za različite veličine FN sustava

Veličina sustava	1,2 kW	1,6 kW	2 kW	2,4 kW	2,8 kW	3,2 kW	3,6 kW
Godišnja proizvodnja	1498 kWh	1998 kWh	2496 kWh	2865 kWh	3079 kWh	3240 kWh	3355 kWh
Cijena sustava	9420 kuna	10520 kuna	11620 kuna	12720 kuna	13820 kuna	14920 kuna	16020 kuna

S ovim podacima može se napraviti graf koji će prikazati kako se kreće rok povrata ulaganja u odnosu na veličinu sustava.



Slika 3.8. Rok povrata ulaganja za različite veličine FN sustava.

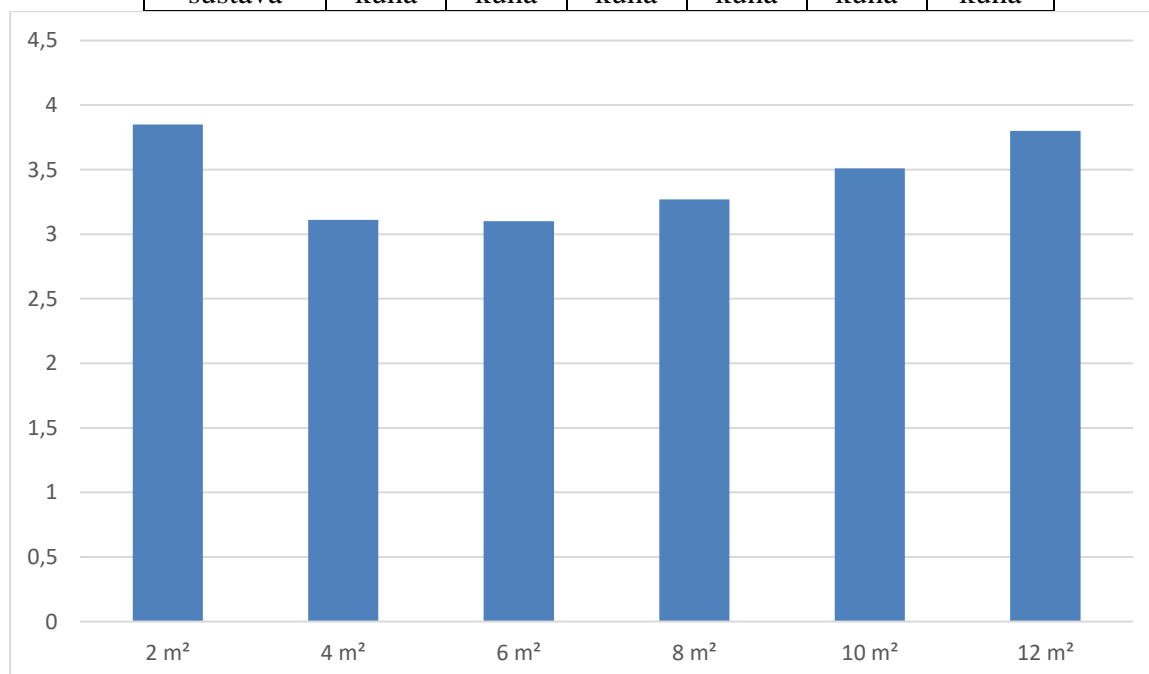
Iz ovoga grafa može se zaključiti kako prema trenutnom tržištu prosječnoj obitelji od 4 člana koja godišnje troši 4070.8 kWh električne energije na grijanje potrošne tople vode najviše se isplati ugraditi sustav od 2,4 kW tj. 9.6 m² koji će im se isplatiti već nakon nešto manje od 4 godine.

3.6. Izračun povratka ulaganja za sustav solarnih kolektora

Solarni sustavi imaju velike razlike u cijeni ovisno o kakvom se sustavu radi najjednostavniji i najpovoljniji sustav je sustav sa termosifonskim pločastim kolektorima no mana takvog sustava je to što se tijekom zimskih mjeseci ne može dogrijavati stoga taj sustav nije dobar kao jedina opcija za grijanje potrošne tople vode na području Osijeka. Iako skuplji sustavi s prisilnom cirkulacijom su pouzdaniji način grijanja potrošne tople vode u ovakvoj klimi. Sustav s prisilnom cirkulacijom sastoji se od kolektora, spremnika potrošne tople vode, cijevi, crpke i regulacije, glikola te ekspanzijske posude. Cijena sustava bez kolektora je 6250 kuna uz to potrebni su solarni pločasti kolektori od 1000 kuna po modulu 2 m^2 , cijena ugradnje sustava 3500 kuna, te cijena ugradnje po modulu iznosi 300 kuna. Ukupna cijena sustava od 2 m^2 iznosi 11050 kuna. U tablici 3.9. mogu se vidjeti cijene i ušteda električne energije različitih veličina sustava.

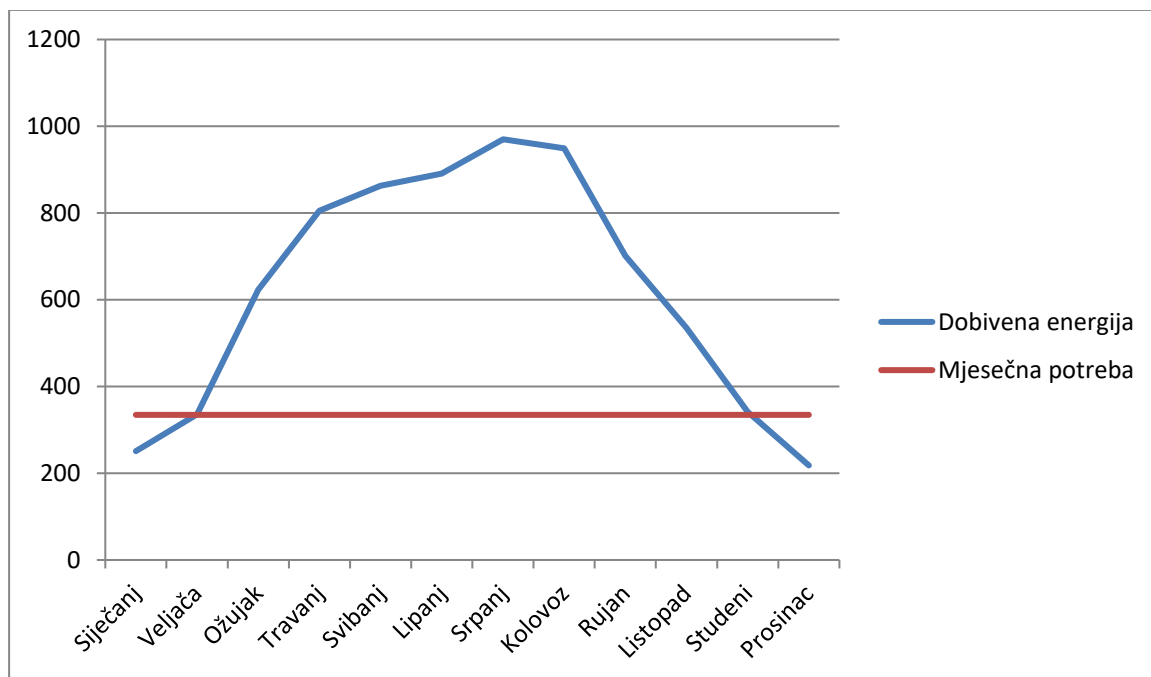
Tablica 3.9. Iznos godišnje uštede el. energije i cijene za različite veličine kolektorskog sustava.

Veličina sustava	2 m^2	4 m^2	6 m^2	8 m^2	10 m^2	12 m^2
Godišnja proizvodnja	2496 kWh	3445 kWh	3819 kWh	3976 kWh	4020 kWh	4020 kWh
Cijena sustava	11050 kuna	12350 kuna	13650 kuna	14950 kuna	16250 kuna	17550 kuna



Slika 3.10. Rok povrata ulaganja za različite veličine kolektorskog sustava.

Iz grafa se može vidjeti kako je rok povrata ulaganja ovog sustava nešto više od 3 godine za slučaj od 4 m² i 6 m² no sustav od 6 m² će nakon što prođu 3 godine ostvarivati veću uštedu stoga je on povoljniji. Razlog većeg roka povrata ulaganja kod većih sustava je to što obitelj troši 335 kWh mjesečno te ako sustav proizvede više od toga ta energija se neće iskoristiti efektivno. Detaljna proizvodnja po mjesecu za sustav od 6 m² može se vidjeti na slici 3.11.



Slika 3.11. Prikaz dobivene energije sa 6 m² solarnih modula.

Vidi se kako velik dio energije zapravo ostaje neiskorišten. Ovakav sustav će zadovoljiti potrebe za čak 10 mjeseci te će uštedjeti 3819 kWh električne energije to je 95 % godišnje potrebe tj. 4391 kuna godišnje.

4. ZAKLJUČAK

Iz rezultata vidljivo je da kod solarnih kolektora je povrat ulaganja 3 godine dok je kod fotonaponskih modula 4 godine stoga zaključujemo kako je prema trenutnim cijenama sustav solarnih kolektora isplativiji. No pri samom odabiru između ovih sustava za kućanstvo treba imati na umu ključne razlike između ovih sustava. Glavna mana solarnog kolektorskog sustava je to što zahtjeva veće radove na kući te provođenje cijevi na krov kao i smještanje spremnika za potrošnu toplu vodu. Prednost ovog sustava je to što zauzima značajno manju površinu krova te je brži povrat uloženog novca. Prednost fotonaponskog sustava je to što ukoliko želimo možemo ga pomoću invertera priključiti na električnu mrežu te širenjem sustava napajati i ostale električne uređaje u kućanstvu.

LITERATURA

- [1] Majdandžić, LJ.: Obnovljivi izvori energije, Graphis Zagreb, 2008.
- [2] Električna energija u kućanstvu, Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, dostupno na: <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/elektricna-energija-u-kucanstvu> [11.8.2019]
- [3] Priprema potrošne tople vode, Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, dostupno na: <http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/priprema-potrosne-tople-vode> [21.5.2018]
- [4] Müller, F. U. : Thermische Solarenergie, Franzis-Verlag Gmb, Feldkirchen, 1997.
- [5] Majdandžić, LJ.: Solarni sustavi, Graphis Zagreb, 2010.
- [6] Majdandžić, Lj.: Simulacija rada solarnog sustava za pripremu potrošne tople vode, Magistarski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. 1999.
- [7] Majdandžić, Lj., Pavić P., Bičvić M.: Solarni sustavi za dobivanje toplinske energije, Solarna tehnologija, Godina II, broj 4, jesen 2006. 12-21, 2005.
- [8] Majdandžić, Lj., Pavić P., Bičvić M.: Izvedeni projekti pretvorbe energije Sunčeva zračenja u toplinsku i električnu energiju, Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Energetska i procesna postrojenja i 2. Međunarodni forum o obnovljivim izvorima energije, Dubrovnik, 4.-6. listopada 2006.
- [9] Kako iskoristiti fotonaponski sustav za proizvodnju struje i grijanje tople vode, Zelena energija, dostupno na: <http://www.zelenaenergija.org/clanak/kako-iskoristiti-fotonaponski-sustav-za-proizvodnju-struje-i-grijanje-tople-vode/6629> [30.6.2018].
- [10] Solar kerberos photovoltaic water heating, Solar kerberos, dostupno na: <http://solar-kerberos.cz> [30.6.2018].
- [11] Photovoltaic geographical information system, Eurpean Commission, dostupno na: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis.html> [12.12.2018].

SAŽETAK

U ovome radu su opisane metode grijanje potrošne tople vode pomoću solarnih panela i fotonaponskih modula. Uspoređene su prednosti i mane ovih sustava te njihova ekonomska isplativost. Izračunate su potrebe za potrošnom toplom vodom prosječne četveročlane obitelji i njihov godišnji trošak na električnu energiju za grijanje vode. Određena je prosječna insolacija za svaki mjesec u godini na području Osijeka. Uspoređene su cijene sustava te rok povrata ulaganja različitih veličina ovih sustava. S ovim podacima određen je najbolji sustav za prosječnu četveročlanu obitelj na području Osijeka.

Ključne riječi: solarni sustavi, solarni paneli, fotonapon, fotonaponski sustavi, obiteljska kuća, insolacija, Sunce

ABSTRACT

This paper describes the methods of water heating by solar panels and photovoltaic modules. The benefits and drawbacks of these systems have been compared. Hot water needs and the cost of heating by electrical energy for an average family of four has also been calculated. The average insulation in Osijek for every month in a year has been determined. Prices of these systems have been compared and a return on investment time frame has been calculated for the different sizes of these systems. With this data the best system for an average family of four in Osijek has been determined.

Key words: solar systems, solar panels, photovoltaics, photovoltaic systems, family home, insolation, Sun

ŽIVOTOPIS

Borna Srb je rođen 11.03.1996. u Osijeku, završava osnovu školu „Dobriša Cesarić“ u Osijeku te upisuje gimnaziju Gaudeamus u Osijeku. Nastavlja se školovati na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku gdje upisuje smjer elektrotehnika na preddiplomskom studiju.